



Bir Ofis Binasının Enerji Yüklerinin Çift Kabuklu Cephe Sistemi ve Güneş Kırıcılar ile Azaltılması

Hansa Gül ÇETİN¹ ve Neşe DİKMEN²

¹Ahc Mimarlık, Antalya, hansagul@gmail.com

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, nesdikmen@gmail.com

ÖZET

Isısal konfor, vücut ile çevre arasındaki ısı değişiminin bir sonucudur. Konfor koşullarının sağlanmasında binayı dış ortamdan ayıran yapı kabuğu büyük rol oynamaktadır. Yapı kabuğunda geniş cam yüzeyler oluşturmak binaların ısı performansını olumsuz etkilemektedir. Çift kabuklu cephe sistemleri ve güneş kırıcılar, binaların enerji etkinliğini arttırmak için kullanılan elemanlardır. Bu çalışmada, sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya'da inşa edilmiş ve tek kabuklu giydirme cephe sistemine sahip olan bir ofis binasının enerji yükleri cephelere eklenen ikinci kabuk ve güneş kırıcılarla azaltılmıştır. Araştırma kapsamında, DesignBuilder simülasyon programı ile binanın farklı modelleri hazırlanmış ve bu modellerin ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırılmıştır. Öncelikle yapının mevcut durumu modellenerek enerji yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra yapının uygun olan iki cephesine cam katman eklenerek çift kabuklu cephe sistemi oluşturulmuştur. Cam U değeri ve boşluk genişliği birbirinden farklı olan çift kabuklu cephe sistemlerine sahip modellerde elde edilen enerji yükleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra, ilk aşamada belirlenen en uygun sistemin önce iki daha sonra dört cephesine dikey güneş kırıcılar eklenerek ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada ikinci kabuğun ısıtma, güneş kırıcıların soğutma yükleri açısından daha etkili olduğu görülmüştür. Yalnızca iki cepheye eklenen ikinci kabuk ve dört cepheye uygulanan güneş kırıcılarla binanın toplam enerji yüklerinde %21,8 oranında azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isıl Konfor, Giydirme Cephe, Çift Kabuklu Cephe, Boşluk Genişliği, Güneş Kırıcı

Reduction of the Energy Loads of an Office Building with Double-Skin Facade System and Solar Shading Devices

Hansa Gül ÇETİN¹ and Neşe DİKMEN²

¹Ahc Architecture, Antalya, hansagul@gmail.com

²Department of Civil Engineering, Faculty of Technology, Isparta University of Applied Sciences, nesdikmen@gmail.com

ABSTRACT

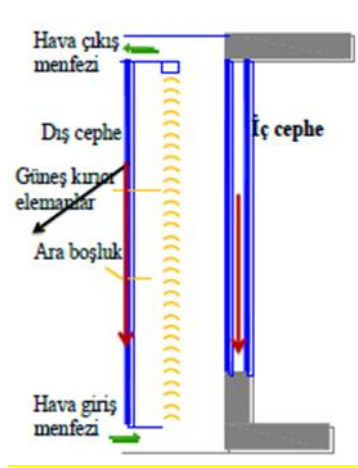
Thermal comfort is a result of the thermal exchange between the body and the environment. The building envelope separating the building from the outside environment plays a major role in ensuring comfort conditions. Double skin facade systems are used to increase the energy efficiency of buildings. In this study, the energy loads of an office building built in Antalya in a hot and humid climate and having a single skin facade system are reduced by a second skin and solar shading devices added to the facades. Within the scope of the research, different models of the building were prepared with the help of DesignBuilder simulation program and the heating and cooling loads of these models were compared. First, the current state of the building was modelled and the energy loads were calculated. Then, a double-skin facade system was created by adding glass layers to the two appropriate facades. The energy loads of the models with double-skin facade system whose glazing U values and cavity width are different from each other were compared. Subsequently, vertical solar shading devices to two and later four facades were added to the most suitable system determined in the first stage and the heating and cooling loads

were calculated. In the study conducted, the second skin facade in terms of heating loads and the solar shading devices in terms of cooling loads were found to be more effective. A total reduction of 21.8% was achieved in the total energy loads of the building with a second skin to only two facades and sun shading devices applied to four facades.

Keywords: Thermal Comfort, Curtain Wall, Double Skin Facades, Cavity Width, Solar Shading Devices

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar sonucunda geliştirilen çift kabuklu cephe sistemleri, iki adet cam giydirmeye cephe paneli ile aralarında yer alan hava boşluğundan meydana gelmektedir (Ioannidis vd., 2017). Şekil 1’de bir çift kabuklu cephe sisteminin kesiti görülmektedir. Bu sistemler soğuk mevsimde ısı kaybı, sıcak mevsimde ise ısı kazancı problemlerinin azaltılmasında etkilidir (Jiru ve Haghighat, 2008).



Şekil 1. Çift kabuklu cephe sistemi (Kutluay vd., 2015)

Isıl konfor, kişinin bulunduğu ortamdan ısıl açıdan hoşnut olması ve mekânın yaşam koşullarına uygunluğudur. Bireylerin yaşamını devam ettirebilmesi, sağlıklı yaşayabilmesi ve çalışma ortamlarında verimli olabilmeleri için iç mekanda ısıl konfor koşullarının sağlanması gerekir (Namlı, 2015). Konfora etki eden en temel faktörler, kişisel ve çevresel parametreler olarak iki grup altında toplanabilir. Kişisel parametreler; kişinin aktivite düzeyi ve giysi durumu gibi faktörlerdir. Çevresel parametreler ise; ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortalama ışınım sıcaklığı ve ortamdaki bağıl hava hızı olarak sıralanmaktadır (Yiğit ve Atmaca, 2007). İstenen konfor koşullarının sağlanması binaların ısıl performansına bağlıdır. Isıl performansın sağlanmasında yapı kabuğunu oluşturan elemanların ısı iletim katsayısı olan U değeri (W/m^2K) oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Bir yapı elemanı kesitinde meydana gelen ısı akışının miktarı olarak tanımlanan U değeri, enerji performansı dikkate alınan sistemlerde temel tasarım kriterlerinden birisidir (Örkmez, 2012). U değerinin artması ısı geçişinin artışına ve ısı yalıtımının sağlanamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle, enerji etkinlik sağlayabilmek için yapı kabuğu elemanlarının U değerlerinin düşük olması gerekmektedir (Yılmaz ve Gökdemir, 2007).

Çift kabuklu cephelerde katmanlar arasında bulunan havalandırma boşluğu cephe sisteminin temizlik, bakım-onarım, güneş kontrol elemanlarının yerleşimi ve bu güneş kontrol elemanlarının dış etkilere karşı korunmasını sağlayan bir bileşendir (Örkmez, 2012). İklimsel değişiklikler, kullanım amacı ve performans ihtiyacına göre boşluk genişliği 20-200 cm arasında değişiklik göstermektedir (Dickson, 2004). Güneş kontrol elemanları, bina dış katmanından iç mekâna girme ihtimali olan ışınların istenmeyen bölümünü yansıtmada kullanılan elemanlardır. Bu elemanlar, güneş ışınımından kaynaklanan ısı artışını azaltabilmek için uygun yere konumlandırılmalıdırlar (Li vd, 2017). Güneş kontrol elemanları çift kabuklu cephe sistemlerinde üç farklı şekilde konumlandırılabilir; cephe sisteminin dışında, cephe boşluğunun içerisinde ve iç

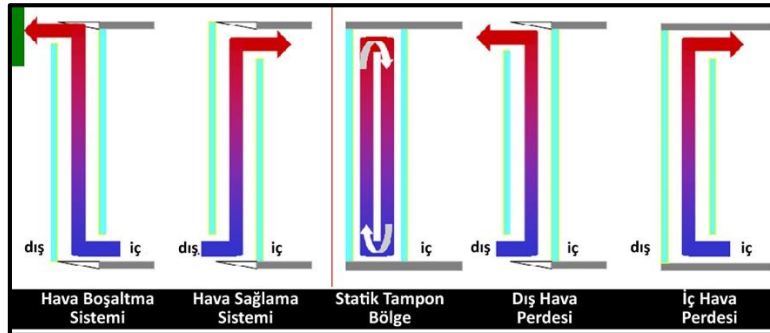
cephenin iç yüzeyinde (Cirit, 2012). Pencereler dışarıdan tamamıyla gölgelendiğinde ısı kazancı %80'lere kadar azalabilmektedir (ASHRAE, 1997). Cephelerin dış yüzeyine yerleştirilen güneş kırıcılar sabit veya hareketli olabilmektedir. Güneş kırıcıları doğu ve batı cephelere dikey olarak yerleştirildiğinde daha etkin olmaktadır (Süt, 2013).

Enerji etkinliği sağlamak için tasarım aşamasında binaların cepheleri çift kabuklu yapılabilir. Ayrıca, inşa edilmiş tek kabuklu bir binanın ısı performansını arttırmak amacıyla cepheye ikinci bir katman eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulabilir. Brunoro ve Rinaldi, (2011)'e göre 1950' de Milano'da inşa edilen Torno International Headquarter binasında yazın soğutma, kışın ise ısıtma yüklerinin fazla olmasından dolayı cephede iyileştirme yapılmasına karar verilmiş ve çift kabuklu cephe uygulaması yapılmıştır. Bina cephesi mevcut halinde tek tabakalı cam ve yalıtımsız parapet duvardan oluşurken, cephenin önüne tamamı low-E çift cam olan bina yüksekliğinde bir katman eklenerek çift kabuklu cephe sistemi oluşturulmuştur. İki kabuk arasında 55 cm boşluk bırakılarak bu boşluğa güneş kırıcı konumlandırılmıştır. Yenileme öncesinde yıllık 250 kWh/m² enerji harcayan binada yenileme sonrasında %30-%40 oranda enerji kazancı sağlanmıştır.

Bu çalışmada, sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya'da inşa edilmiş ve tek kabuklu giydirmeye cephe sistemine sahip olan bir ofis binasının enerji yüklerini azaltmaya yönelik öneriler geliştirilmiştir. Çalışma, soğutma yükleri oldukça fazla olan binanın cephesine ikinci bir kabuk eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulduğu takdirde enerji harcamalarının azalacağı hipotezi üzerine kurgulanmıştır. DesignBuilder enerji simülasyon programında hazırlanan modellerle binanın ısı performansının iyileştirilmesi için uygun çözümler araştırılmıştır.

2. ÇİFT KABUKLU CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇEŞİTLERİ

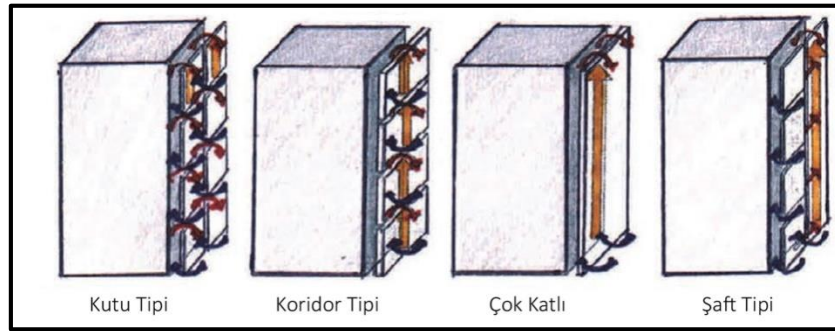
Çift kabuklu cephe sistemleri hava sirkülasyonuna göre; hava boşaltma sistemi, hava sağlama sistemi, statik tampon bölge, dış hava perdesi ve iç hava perdesi olmak üzere beş başlık altında incelenmektedir (Waldner vd, 2007) (Şekil 2). Dış hava perde sisteminde, hava sirkülasyonu dış kabukta havanın alt kottan girişi ve üst kottan da çıkışı ile sağlanmaktadır. Bina ile dış ortam arasında açıklık bulunmamaktadır. Bu da yazın soğutma yüklerini azaltmada etkili olmaktadır. Bu tip sistemler doğal havalandırma ve karma havalandırma sistemli çift kabuk sistemlerde uygulanabilmektedir (Örkmez, 2012).



Şekil 2. Hava sirkülasyonuna göre çift kabuklu cephe sistemleri (Haase ve Amato, 2006)

Havalandırma boşluğunun bölümlenmesine göre çift kabuklu cepheler; kutu tipi, koridor tipi, çok katlı ve şaft tipi olmak üzere dört çeşittir (Ghaffarianhoseini vd., 2016) (Şekil 3). Kutu tipinde, çift kabuk arasında kalan hava boşluğu yatay ve düşey şekilde bölümlenerek bağımsız ve küçük kutulardan meydana gelir, böylece katların yatay ve modüllerin dikey bir şekilde havalandırılması yapılabilmektedir. Her katta hava giriş çıkışı için açıklıkların olması da etkili bir doğal havalandırma sağlamaktadır (Örkmez, 2012). Kutu tipi çift kabuklu cepheler genel olarak yüksek binalarda kuruluurlar (Erturan, 2010). Koridor tipi, çift kabuk cephe sistemlerinin en sık uygulanan türlerinden bir tanesidir. Koridor tipi çift kabuk cepheler tampon bölgenin katlar arasında yatay bölümlenmesiyle meydana gelmektedir. Tampon bölgede kat döşemelerinin alt noktasından hava girişi ve kat

yüksekliğinin üst noktalarındaki döşeme hizalarında bulunan açıklıklardan da hava çıkışı gerçekleşmektedir. Böylece katlar bağımsız şekilde havalandırılabilir. Bu sayede kullanılan havanın katlar arasında ulaşımı engellenir ve aşırı ısınma problemi ortadan kalkmış olur (Hausladen vd., 2006). Çok katlı çift kabuklu cepheler iki kabuk arasında yatay ve düşey bölüntü olmadan cephe boyunca kesintisiz boşluğa sahip olan sistemlerdir (Erturan, 2010). Bu tip cephe sistemlerinde doğal havalandırma yapılmamalıdır. Çok katlı binalar yerine 4-6 katlı binalarda uygulanması daha verimli olabilmektedir (Örkmez, 2012). Kesintisiz boşluğa sahip olan bu tip sistemler yangın durumunda baca etkisi yaratabildiğinden tasarım aşamasında ve malzeme seçiminde ilave önlemler almak gerekmektedir (Ayçam, 2011). Şaft kutu tipi çift kabuklu cepheler yapının yüksekliği boyunca devam eden düşey şaftlara kutu pencere cephe birimlerinin bağlanmasıyla oluşan sistemlerdir (Erturan, 2010). Boşlukta ısınan hava yükselir ve düşey hava şaftlarına alınır ve yükselmeye devam ederek binadan dışarıya tahliye edilir. Şaftlar sayesinde havalandırma hızlı ve kolay olabilmektedir (Loncour vd. 2004). Baca etkisinden dolayı bu sistem yüksek binalardan ziyade az katlı binalarda uygulanmalıdır (Poirazis, 2004).



Şekil 3. Havalandırma boşluğunun bölümlenmesine göre çift kabuklu cepheler (Ünalın ve Tokman, 2011)

3. MATERYAL VE METOD

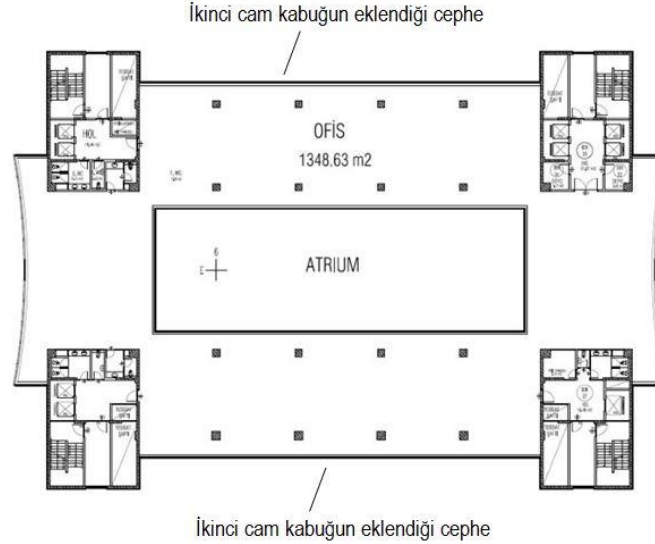
Çalışmada modellenen binanın konumlandığı Antalya ili, Türkiye'nin güneyinde bulunan Akdeniz Bölgesinde $36^{\circ} 06'$ ve $37^{\circ} 27'$ kuzey enlemleri ile $29^{\circ} 14'$ ve $32^{\circ} 27'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Hamamcı, 2015). Antalya'da kış aylarında ortalama sıcaklık $9,9^{\circ}\text{C}$ iken en düşük sıcaklık ortalaması 6°C 'ye kadar inmektedir. Yaz aylarında ise ortalama sıcaklık $28,2^{\circ}\text{C}$ iken en yüksek sıcaklık ortalaması $34,1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çıkabilmektedir. Yıllık ortalama bağıl nem oranı % 62, yıllık yağış miktarı ortalaması ise 1066,9 mm dolayındadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 100,3 saat olan Antalya'da hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016).

Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardına (TS 825) göre, Türkiye beş adet derece gün bölgesine ayrılmıştır. Antalya ili bu bölgeler arasında 1. derece-gün bölgesindedir. Her bölgeye ait duvar, tavan, taban ve pencere bileşenlerinde sağlanması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayılarının (U değeri) belirtildiği standartta 1. derece-gün bölgesi için; $U_{\text{Duvar}} 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{Tavan}} 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{taban}} 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $U_{\text{Pencere}} 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak verilmiştir (TS 825, 2013).

Çalışma kapsamında modellenen binanın seçilme nedenleri; Antalya'da nadir bulunan çok katlı ofis yapılarından biri olması, yapının giydirmeye cephe sisteminden dolayı aşırı güneş ışınlarına maruz kalması, yıllık enerji tüketiminin yüksek olması, konumlandığı alan itibari ile yoğun trafik gürültüsü olan bir yerde bulunması ve ses kontrolünün sağlanmasının gerekliliği olarak sıralanabilir.

2013 yılında inşası tamamlanan bina aynı yıl kullanılmaya başlanmıştır. Bina 7' si bodrum kat olmak üzere toplam 22 kattan oluşmaktadır. Yapıda birinci bodrum kat, zemin kat ve üzerinde bulunan ilk dört kat alışveriş merkezini, beşinci ve on ikinci katlar tesisat katlarını ve altıncı kat ile on dördüncü katlar arası ofis katlarını oluşturmaktadır. Kat yükseklikleri

3,50 m olan binanın ofis katlarında cam giydirmeye cephe sistemi kullanılmıştır. Her bir ofis katı 1828 m²' den oluşmaktadır. Ortada bulunan atriumun etrafı cam giydirmeye sistemle kapatılmıştır. Ofis katlarında bölücü duvarlar kiracıların kullanım ihtiyacına göre şekillenmektedir. Katlar arasında hava geçişi sadece merdivenlerde gerçekleşmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. İş merkezinin ofis kat planı (6,7,8,9,10,11,12,13. Kat)

Bina cephesinde her katta 80 cm yüksekliğinde beton parapet bulunmaktadır. Cam giydirmeye cephe sistemi, üzerine 8 cm kalınlığında alüminyum folyolu taş yünü kaplanmış olan parapetin önünden geçmektedir. U değeri 2,4 W/m²K olan cam sistem, 6+12+6 mm mavi renkli low-E reflekte camdan oluşmaktadır. Cephe sisteminde pencereler açılmamakta ve doğal havalandırma yapılamamaktadır. Bina mekanik olarak havalandırılmaktadır. Binanın ısıtılması ve soğutulması klimalar, dolayısı ile elektrik enerjisi ile sağlanmaktadır. Bu yapının en çok güneş alan mekânlarının ofis katlarında olması ve ofis hacimlerinde daha fazla soğutma enerjisi harcanması nedeniyle binanın 5. ve 14. katlar arasında kalan bölümlerinin analizleri yapılmıştır.

Çalışmada ofis binasının yalnızca kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine ikinci katman eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulmuştur. Kuzeydoğu ve güneybatı cephelerindeki döşemenin planın iki tarafında içbükey formda ve çıkma olarak yer alması nedeniyle giydirmeye sistem görsellik, uygulama ve taşıma açılarından problem yaratacağından bu cephelere ikinci katman eklenememiştir. Çalışmada koridor tipi çift kabuklu cephe sisteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Koridor tipi, hem yüksek yapılara uygulanabilir bir sistemdir hem de her katın bağımsız olarak havalandırılmasına olanak tanımaktadır. Dış kabukta her katın alt noktalarında açılan menfezler ile taze hava içeri alınmakta, yine her katın üst noktalarındaki menfezler ile hava dışarıya verilmektedir. İkinci katman, kullanıcıların bağımsız olarak böldüğü ofis mekânlarının cephesine ekleneceği için sistem mekan organizasyonu açısından problem yaratmayacak, döşemelere bağlanacak çelik taşıyıcılarla oluşturulacak koridorlar bakım ve onarım için yürüme yolu oluşturacaktır.

Seçilen ofis binası ile ilgili enerji analizleri DesignBuilder simülasyon programı ile yapılmıştır. DesignBuilder, EnergyPlus arayüzünü kullanan bir yazılımdır ve tasarım sürecinde yapıların enerji yükleri, karbon değerleri, aydınlatma ve konfor koşulları ile ilgili ön değerlendirmenin yapılabildiği bir programdır. Bu araştırma beş aşamadan oluşmaktadır; ilk aşamada binanın mevcut durumu DesignBuilder simülasyon programı yardımıyla modellenerek yapının ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Bu aşamada hazırlanan model, "mevcut durum" olarak adlandırılmıştır. İkinci aşamada, mevcut durumun kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine U değeri 1,8 W/m²K olan ikinci bir cam katman eklenerek çift kabuklu cephe sistemi oluşturulmuştur. Eklenen giydirmeye cam cephe

sistemine her katta on adet menfez yerleştirilmiştir. Kat döşemelerinin alt noktasına beş adet hava girişi sağlayan, kat döşemelerinin üst noktasına da beş adet hava çıkışı sağlayan menfez uygulanmıştır. Hazırlanan koridor tipli çift kabuklu cephe sisteminin 60 (Model 1A) , 80 (Model 2A), 100 (Model 3A) ve 120 (Model 4A) cm boşluk genişliklerine sahip 4 farklı modeli hazırlanmıştır. Farklı boşluk genişliğine sahip modellerin her birine ait ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Üçüncü aşamada, mevcut durumun kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine U değeri 1,4 W/m²K olan ikinci cam katman eklenmiştir. Bu sisteme de beşi kat döşemelerinin alt noktasında beşi kat döşemelerinin üst noktasında olmak üzere on adet menfez yerleştirilmiştir. Hazırlanan koridor tipli çift kabuklu cephe sisteminin 60 (Model 1B), 80 (Model 2B), 100 (Model 3B) ve 120 (Model 4B) cm boşluk genişliklerine sahip 4 farklı modeli hazırlanarak bu modellerin ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Bu aşamalarda elde edilen veriler karşılaştırılmış ve ısı yükleri açısından en uygun kabuk sistem belirlenmiştir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında belirlenen modelin ikinci cam katman eklenmiş olan güneydoğu ve kuzeybatı cephelerine 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek yapının ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Son aşamada ise modelin dört cephesine de 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek ısı yükleri hesaplanmış ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

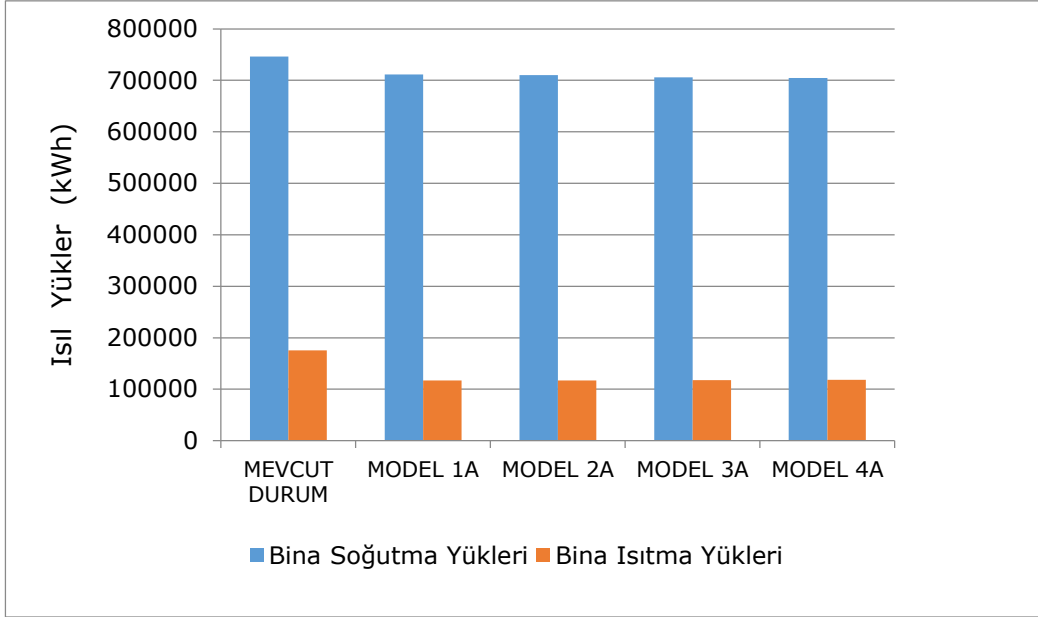
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Yapının mevcut durumunun enerji yükleri

Çalışmanın ilk aşamasında DesignBuilder simülasyon programı aracılığıyla binanın mevcut durumu modellenerek yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Yapının mevcut durumunun yıllık ısıtma ihtiyacı 175270 kWh, soğutma ihtiyacı ise 746120 kWh olarak hesaplanmıştır. Sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya ilinde inşa edilmiş olan yapının yıllık soğutma yükü ısıtma yükünden çok daha fazladır.

4.2. Cepheye U değeri 1,8 W/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen enerji yükleri

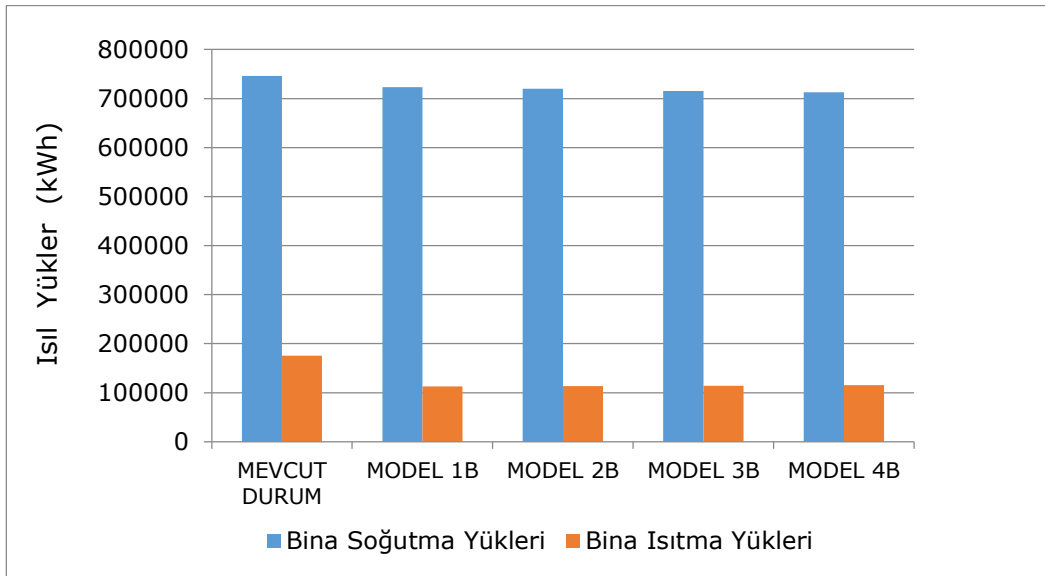
Çalışmanın bu aşamasında binanın kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine U değeri 1,8 W/m²K olan ikinci bir cam katman eklenmiştir. 60, 80, 100 ve 120 cm boşluk genişliğine göre elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin kendi aralarında ve mevcut durumla karşılaştırması Şekil 5'te görülmektedir. İkinci kabuğun yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı ancak boşluk genişliğinin elde edilen yükler arasında önemli farklılıklar oluşturmadığı gözlemlenmiştir. En düşük ısıtma yükü boşluk genişliği 80 cm olan Model 2A'da 117100 kWh, en düşük soğutma yükü ise boşluk genişliği 120 cm olan Model 4A'da 704310 kWh olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan modellerde en düşük toplam enerji yükü Model 4A'da elde edilmiştir. Model 4A'da elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin toplamı, mevcut durumun enerji yüklerinden %10,72 daha azdır. Yapının soğutma yükleri ısıtma yüklerinden daha fazla olduğu için soğutma yüklerinde en fazla azalmanın olduğu model aynı zamanda en düşük toplam yükün elde edildiği model olmuştur.



Şekil 5. Cepheye U değeri 1,8 W/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen ısıtma ve soğutma yükleri
(Modellerdeki boşluk genişlikleri: 1A-60 cm, 2A-80 cm, 3A-100 cm, 4A-120)

4.3. Cepheye U değeri 1,4 W/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen enerji yükleri

Çalışmanın üçüncü aşamasında cepheye U değeri 1,4 W/m²K olan ikinci bir cam kabuk eklenmiştir. 60, 80, 100 ve 120 cm boşluk genişliğine göre elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin kendi aralarında ve mevcut durumla karşılaştırması Şekil 6’te görülmektedir. İkinci kabuğun yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı ancak boşluk genişliğinin elde edilen yükler arasında önemli farklılıklar oluşturmadığı gözlenmiştir. En düşük ısıtma yükü boşluk genişliği 60 cm olan Model 1B’de 112820 kWh, en düşük soğutma yükü ise boşluk genişliği 120 cm olan Model 4B’de 712660 kWh olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan modellerde en düşük toplam enerji yükü Model 4B’de elde edilmiştir. Model 4B’de elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin toplamı, mevcut durumun enerji yüklerinden %10,15 daha azdır.



Şekil 6. Cepheye U değeri 1,4 W/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen ısıtma ve soğutma yükleri
(Modellerdeki boşluk genişlikleri: 1B-60 cm, 2B-80 cm, 3B-100 cm, 4B-120)

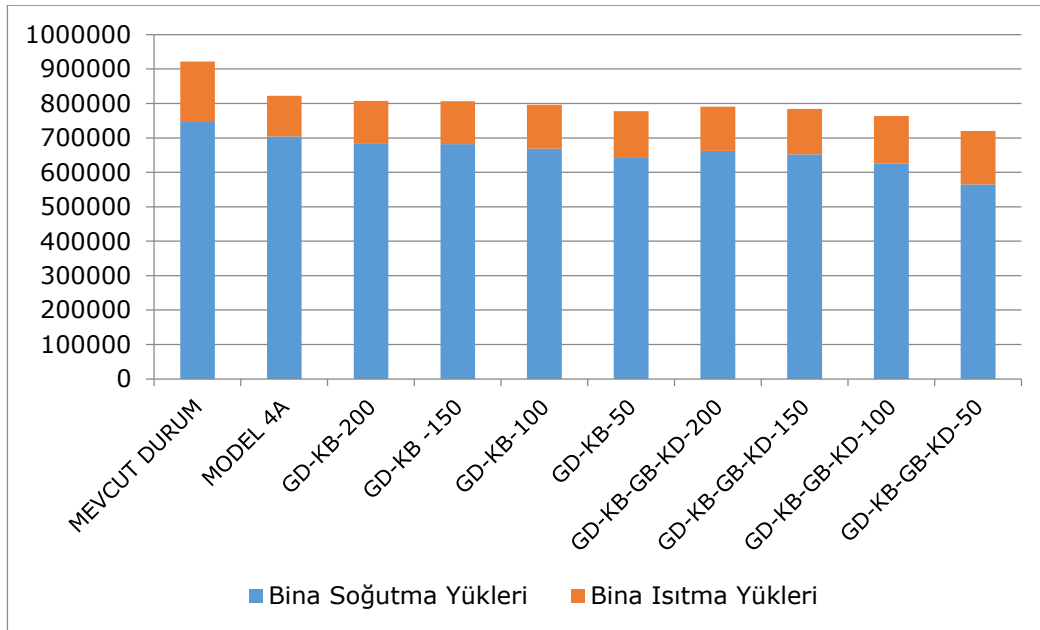
U değeri 1,8 ve 1,4 W/m²K olan cam kabukların eklendiği modeller karşılaştırıldığında en düşük ısıtma yükünün Model 1B’de, en düşük soğutma yükünün ise Model 4A’da elde edildiği görülmektedir. Oluşturulan modellerde en düşük toplam enerji yükü Model 4A’da elde edilmiştir. Hem yıllık soğutma yükü hem de yıllık toplam enerji yükü açısından en avantajlı model olduğundan Model 4A’ya uygulanan sistem, bina için en uygun ek kabuktur.

4.4. Dikey güneş kırıcıların enerji yüklerine etkisi

Çalışmanın bu aşamasında boşluk genişliği 120 cm ve eklenen cama ait U değeri 1,8 W/m²K olan modele 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenmiştir. Güneş kırıcılar öncelikle sadece ikinci kabuğun eklendiği kuzeybatı (KB) ve güneydoğuya (GD), daha sonra kuzeydoğu (KD), kuzeybatı (KB), güneydoğu (GD) ve güneybatı (GB) olmak üzere 4 cepheye birden eklenerek yapının yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

Güneş kırıcı eklenen modellerin analizlerinde; mevcut yükler ve Model 4A’ya göre toplam ısı yüklerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Hem sadece iki cepheye hem de dört cepheye birden güneş kırıcı eklenmiş olan modellerde Model 4A’yla karşılaştırınca ısıtma yüklerinde artış, soğutma yüklerinde ve toplam yüklerde azalma görülmektedir. Güneş kırıcıların arasındaki mesafe azaldıkça soğutma yükleri azalmakta, ısıtma yükleri ise artmaktadır. Soğutma yükleri ısıtma yüklerinden çok daha fazla olduğu için soğutma yüklerindeki azalma ısıtma yüklerindeki artıştan daha fazladır. Bu nedenle güneş kırıcıların arasındaki mesafe azaldıkça toplam yükler de azalmaktadır (Şekil 7).

Mevcut durumla karşılaştırıldığında ise ısıtma, soğutma ve toplam yüklerin hepsinde birden azalma olduğu tespit edilmiştir. Güneş kırıcıların soğutma yüklerini azaltma ama aynı zamanda ısıtma yüklerini arttırma etkisi vardır. Bu uygulamada binaya eklenen ek kabuk ile ısıtma yüklerinin mevcut durumdaki yüklerin üzerine çıkması engellenmiştir. İki cepheye 50 cm aralıklarla eklenen güneş kırıcıların enerji yüklerine etkisi ile dört cepheye birden 150 cm aralıklarla eklenen güneş kırıcıların etkisi birbirine yakındır. Soğutma dönemindeki ısı konfor koşulları ısıtma dönemindeki konfor koşullarından daha olumsuz olan ve hem ısıtma hem de soğutma için elektrik enerjisi kullanılan binada toplam yükler açısından en avantajlı alternatif dört cepheye birden 50 cm aralıklarla güneş kırıcı eklenen modeldir. Bu model, mevcut durumun ısıtma yüklerini %10,91, soğutma yüklerini %24,36 ve toplam yükleri %21,8 oranında azaltmıştır.



Şekil 7. Önce iki, daha sonra dört cepheye 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla eklenen güneş kırıcıların mevcut duruma ve Model 4A’ya etkisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen verilere göre, sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya ilinde inşa edilmiş ve dört cephesi de tek kabuk cam giydirme sistem olan ofis binasının yıllık soğutma yükü ısıtma yükünden çok daha fazladır. Isıtma ve soğutma için klima yani elektrik enerjisinin kullanıldığı binanın yalnızca güneydoğu ve kuzeybatı cepheleri ikinci kabuk eklemek için uygundur. Yapılan analizlerde ikinci kabuğun yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı, ancak iki kabuk arasındaki boşluk genişliğinin elde edilen yükler arasında önemli farklılıklar oluşturmadığı gözlenmiştir. Isıtma yükü açısından U değeri 1,4 W/m²K, soğutma yükü ve toplam yükler açısından ise U değeri 1,8 W/m²K olan kabuğun daha etkili olduğu görülmüştür. Enerji yüklerini azaltmak açısından en avantajlı modelin boşluk genişliği 120 cm ve ikinci kabuk U değeri 1,8 W/m²K olan Model 4A olduğu tespit edilmiştir. Binanın mevcut durumuna göre bu modelde ısıtma yükleri %32,48, soğutma yükleri %5,6 ve toplam yükler %10,72 oranında azalmıştır. Yapının kuzeybatı cephesi yoğun taşıt trafiğinin olduğu bir caddeye paralel olduğu için ikinci kabuk uygulaması ofis katlarına ulaşan gürültü miktarını azaltmak açısından da faydalı olacaktır.

Yapılan araştırmada önce yalnızca güneydoğu ve kuzeybatı daha sonra dört cepheye birden sırasıyla 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla yerleştirilmiş olan dikey güneş kırıcıların Model 4A'da elde edilen soğutma ve toplam enerji yüklerini azalttığı, ısıtma yüklerini ise arttırdığı gözlenmiştir. Güneş kırıcıların arasındaki mesafe azaldıkça soğutma yükleri azalmış, ısıtma yükleri ise artmıştır. Soğutma yükleri ısıtma yüklerinden çok daha fazla olduğu için soğutma yüklerindeki azalma ısıtma yüklerindeki artıştan daha fazladır. Bu nedenle güneş kırıcıların arasındaki mesafenin azalması toplam yüklerin azalmasını sağlamıştır. Model 4A'nın toplam enerji yüklerinde; güneş kırıcılar 50 cm aralıklarla yalnızca iki cepheye eklendiğinde %5,47, dört cepheye birden eklendiğinde ise %12,42 oranında azalma olmuştur. Mevcut durumla karşılaştırıldığında ise güneş kırıcı eklenen modellerin ısıtma, soğutma ve toplam yüklerinin hepsinde birden azalma olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada ikinci kabuğun ısıtma, güneş kırıcıların soğutma yüklerini azaltma açısından daha etkili olduğu görülmüştür. İkinci kabuk eklenmeseydi yapının ısıtma yüklerinde artış olacak dolayısı ile kış aylarındaki konfor koşulları mevcut durumdan daha olumsuz hale gelecekti. Yalnızca iki cepheye eklenen ikinci kabuk ve dört cepheye 50 cm aralıklarla uygulanan güneş kırıcılarla binanın mevcut durumunun toplam enerji yüklerinde %21,8 oranında azalma sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 4612-YL2-16 no' lu proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- ASHRAE, 1997. Handbook: Fundamentals, Chapter 29, Fenestration. American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta Ga, USA, 1-23
- Ayçam İ., 2011, Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, 1593.s., İzmir.
- Brunoro S., Rinaldi A., 2011, Double layer glass façade in the refurbishment and architectural renewal of existing buildings in Italy, World Renewable Energy Congress, Sweden, 8-13 may 2011, 1899-1905.
- Cirit A., 2012. Binalarda Güneş Kontrol Elemanlarının Soğutma Enerjisi Yüklerine Etkisinin İrdelenmesine İlişkin Bir Çalışma. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s., İstanbul.
- Dickson A., 2004, Modelling Double-Skin Facades. University of Strathclyde, Energy Systems & the Environment Department of Mechanical Engineering, MSc. Thesis, 117 s., Glasgow UK.
- Erturan B., 2010, Akıllı Cephe Tasarım İlkeleri ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 275s., İstanbul.

- Ghaffarianhoseini A., Ghaffarianhoseini A., Berardi U., Tookey J., Li D.H.W., Kariminia S., 2016, Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs), *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 60, 1052-1065.
- Haase M., Alex A., 2006, Design Considerations For Double-Skin Faades in Hot and Humid Climate, *Envelope Technologies for Building Energy Efficiency*, II-5-1.
- Hamamcı S. F., 2015, Coęrafi bilgi sistemlerinde gürültü düzeyi katmanlı oluşturma alışması Antalya Örneęi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Biliřim Enstitüsü, Y. Lisans Tezi 85 s., İstanbul.
- Hausladen G., Saldanha M., Liedl P., 2006. *Climate Skin*, Birkhauser, 191s., Basel, Boston, Berlin.
- Ioannidis Z., Buonomano A., Athienitis A.K., Stathopoulos T., 2017, Modeling of double skin facades integrating photovoltaic panels and automated roller shades: Analysis of the thermal and electrical performance, *Energy and Buildings* 154, 618–632 s.
- Jiru T. E. , Haghghat F., 2008, Modeling ventilated double skin facade—A zonal approach, *Energy and Buildings*, 40 ,1567–1576.
- Kutluay P., İnan T., Ersoy U. , Bařaran T., 2015, Türkiye’den ve Dünyadan Örnekler Işığında ift Cidarlı Cephenin Geliřimi 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 NİSAN Bina Fizięi Sempozyumu Bildirisi, 2249-2263s., İzmir.
- Li L., Darkwa J., Kokogiannakis G., 2017. Heat transfer analysis of an integrated double skin façade and phase change material blind system, *Building and Environment* 125, 111-121s.
- Loncour X., Deneyer A., Blasco M., Flamant G. ve Wouters P., 2004, *Ventilated Double Facades Classification & Illustration Of Facade Systems*, Belgian Building Research Institute (BBRI), 49s., Belęika.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016 <https://www.mgm.gov.tr> Eriřim Tarihi: 15.06.2017
- Namlı A., 2015, Mevcut Konut Yapılarının Enerji Etkin İyileştirilmesi: Namlı Evi, Bahçeřehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 197s., İstanbul.
- Örkmez A.S., 2012. Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Deęerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153 s., İstanbul.
- Poirazis, H., 2004, *Double Skin Facades for Office Buildings Literature Review*. Report EBD-R--04/3, Lund University, 194 s., Sweden.
- Süt G., 2013, Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Mevcut ok Katlı Konut Binalarının Dış Kabuğunda Yapılacak Enerji Etkin Yenileme Stratejileri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 172s., Ankara.
- TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Aralık 2013.
- Ünalın, H., Tokman, L.Y., 2011. Sürdürülebilir Mimari Tasarım: Bir Renovasyon Projesi Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi. Cilt/Vol.:12-Sayı/No: 2 : 129-157
- Waldner R., Flamant G., Prieus S., Erhorn-Klutting H., Ifigenia F., Duarte R., Blomqvist C., Kiossefidi N., Geysels D., 2007, *Best Practice For Double Skin Faades*, University of Lund, 153p., Sweden.
- Yılmaz, M., Gökdemir H., 2007, Sürdürülebilir Gelecek İçin Isı Yalıtımlı Alüminyum Sistemlerin Önemi, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, 68, 48-49.
- Yiğit, A., Atmaca İ., 2007. Dünya’da Ve Türkiye’de Isıl Konfor alışmaları, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 305-315s. 25–28 Ekim, İzmir.